

# 自己組織化マップによる自由記述交流システムの開発

松原 道男

## Development of Communication System for Free Writing by Self-Organizing Maps

Michio MATSUBARA

### I 研究の目的

国際的な学力調査において、子どもの科学的な表現力に関する問題点が指摘され<sup>1)</sup>、現行の学習指導要領においては、科学的な表現に関する言語活動が重視されている<sup>2)</sup>。理科の言語活動については、自分の考えを具体的な例をあげながらわかりやすく説明し、自分の考えを的確にまとめ、さまざまな観点から自分の考えの良さを主張することが求められる<sup>3)</sup>。

また、主張した考えを科学的に深めていくためには、他者との交流が必要となる。共同的な学びの場においては、実験結果や考察の際の発話が多くなること<sup>4)</sup>、自己評価が高められること<sup>5)</sup>、メタ認知がよく機能すること<sup>6)</sup>などが指摘されている。さらに、自分の考えの記録や交流を目的としたwebノートや、webポートフォリオの活用などが試みられている<sup>7)8)9)</sup>。

一方で、学習者の交流の機会を多くもとうとすると、それだけ時間を要することになる。また、交流により情報が過多になり、考えが集約できず、かえって混乱してしまうことも考えられる。そこで、科学的な考えが整理集約され、容易に交流できるシステムがあれば、これらの問題を解消することができるとと思われる。

以上のことから、本研究においては、学習者の科学的な考えを整理し、学習者が容易に交流できるシステムの開発を行うことを目的とした。

### II 研究方法

システムは、webサイト上で交流できるものを考えた。交流にあたっては、学習者の記述した考えが視覚的に整理され、類似性の高い内容が、近くに配置される自己組織化マップを用いることにした。webサイトは、運用のための教師用サイトと、学習者が考えを記述するための学習者用サイトの2つを設けることにした。

また、webでの交流終了後、教師がデスクトップ上で、自己組織化マップとその記述内容の確認を行うとともに、自己組織化マップを再構成するためのアプリケーションの開発を考えた。

自己組織化マップについては、これまでの研究で開発したシステム<sup>10)</sup>を応用することにした。そのため、webアプリケーションは、Windowsサーバーで動作するASP.NETによって作成することにした。また、デスクトップアプリケーションは、Visual Basic .NETを用いて作成することにした。

さらに、学習者の記述を形態素解析するために、両アプリケーションとも、形態素解析ソフト「chasen」をシステムの中に組み込むことにした。

### III 開発したシステム

#### 1. システムの概要

webアプリケーションは、1クラスの児童・生徒の人数に対応するように、最大40人の記述内容を交流できるようにした。図1に示したように、教師用と学習者用の2つを作成した。両

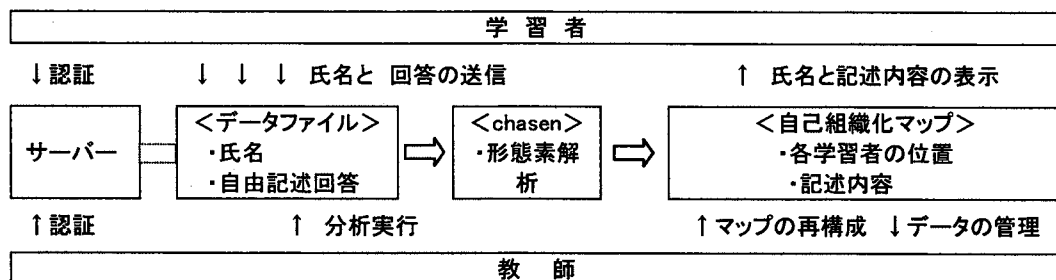


図1 web アプリケーションの概要

アプリケーションとも、web サーバーへのアクセスには、認証を必要とする。学習者用では、自分の氏名と課題に対する回答を記入し、サーバーへ送信する。送信された学習者の回答は、教師用のアプリケーションで、形態素解析と自己組織化マップの作成ができる。教師用アプリケーションを実行した後、学習者用のアプリケーションでは、作成された自己組織化マップを表示し、回答例を参照することができる。さらに、教師用アプリケーションにおいては、自己組織化マップの再構成や、データ削除等のファイル管理が行える。

デスクトップ用に作成した教師用アプリケーションでは、自己組織化マップの表示や再構成、ファイルの管理をデスクトップ上で行うことができる。

## 2. web アプリケーションの内容

### ① トップメニューと認証

図2の上を示したように、web アプリケーションのトップメニューは、「自由記述交流システム」といったシステム名で、学習者用の「みんなのサイト」と教師用の「先生のサイト」の2つの入り口がある。各サイトをクリックすると、図2の下のような認証画面になる。学習者は全員同じユーザー名とパスワードでサイトに入る。教師用の認証は、学習者用とは別であり、教師用の認証で、学習者用のサイトにも入ることができる。

### ② 学習者用サイト

学習者用サイトでは、図3の上を示したように、まず、自分の氏名を書くようになっている。これは、自己組織化マップに学習者の氏名が位置づけられ、回答の類似性を示すとともに回答の参照を行うためである。次に、「回答」の欄に、課題に対する回答を自由に記述する。記入後「送信」をクリックすることにより、データが送信される。全学習者のデータが web 上の一つの

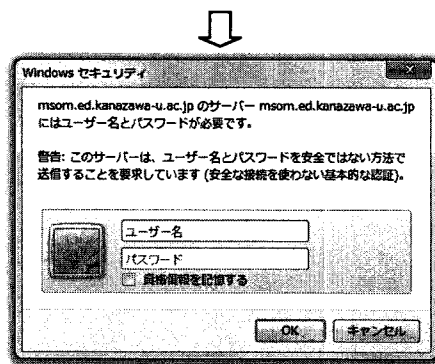
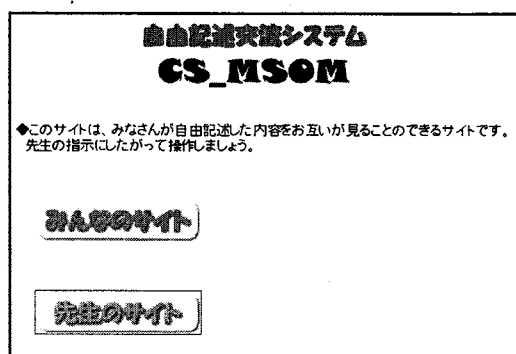


図2 トップメニューと認証

ファイルに収められる。送信後、画面は図3の下に示したように「マップの表示」のボタンが表示される。ただし、教師が自己組織化マップを作成してからではないとマップは表示できないので、教師の許可があってからクリックする。



図3 学習者用サイト

### ③教師用サイト

教師用サイトは、図4に示したようになってい。図4の左のボタンの「課題サイトの確認」をクリックすると、図3に示した学習者と同じサイトに移動できる。「テキストの削除」をクリックすると、これまでに送信された学習者の全データを削除できる。

「マップの作成」をクリックすると、それまでに送信されてきた学習者の回答データをもとに自己組織化マップが作成される。この作成は、学習者の人数と回答された文章量にもよるが、2

図4 教師用サイト

分程度の時間を要する。マップが作成されると「終了」が表示される。その表示後、「マップの表示」をクリックすると、作成された自己組織化マップを表示することができる。

### ④自己組織化マップの表示と回答の参照

自己組織化マップは、図6に示したように、マップに「姓」のみが表示される。お互いの記述内容が類似していればしているほど近くのセルに配置される。「姓」が表示されたセルをクリックすると、右枠にそのセルに配置された学習者名と回答内容が表示される。図6では、説明のために、いくつかクリックしたものを重ねて表示している。実際に表示されるのは、クリックしたセルの学習者名と回答のみである。自分の近くを参照することにより、同じような表現でも、やや異なるものを参照することができる。また、自分より遠くに配置されたセルをクリックすることにより、自分の表現とは異なる回答を参照することができる。

### ⑤デスクトップアプリケーションの内容

デスクトップアプリケーションは、教師用の

図5 デスクトップアプリケーションのメニュー

みであり、トップメニューは、図5に示した通りである。web 上に送信されたデータファイルと分析結果のファイルを抽出し、このデスクトップのデータフォルダに保存することにより、活用することができる。そのデータフォルダは、「データフォルダの表示」をクリックすることにより、開くことができる。

web 上のファイルの抽出はweb 管理者が行う。「自己組織化マップの表示」をクリックすると、自己組織化マップの表示を行うことができる。また、「自己組織化マップの再構成」をクリックすることにより、自己組織化マップを再構成することができる。

#### ⑥自己組織化マップの作成方法

web アプリケーション、およびデスクトップアプリケーションによる自己組織化マップの作成は、Kohonenの研究<sup>11)</sup>を参考に、次のように行っている。

web 上で送信された学習者の回答は、氏名とともに一人につき1行のテキストデータにする。そして、各学習者から送信されるデータは行を変えて、一つのデータファイルにまとめる。教師用のアプリケーションで「マップの作成」をクリックすると、そのデータファイルの回答データがすべて形態素解析される。形態素解析によって抽出された単語と品詞の中から、句読点や助詞を取り除き、さらに重複している単語を一つにし、全回答に用いられた単語と品詞を語句データとする。この語句データをもとに、各学習者の回答で用いられている単語の度数を数値化する。たとえば、語句データが200であれば、各学習者の回答データは、(0,1,0,0,2,0...)といった200の数値データとなる。

自己組織化マップは、15×15のセルによって構成する。一つ一つのセルには、初期データとして語句データ数の分、荷重データをランダムに付与する。ある一人の学習者の回答データを選び、各セルの荷重と比較し、もっとも一致しているセルを一つ選ぶ。そのセルにその学習者の回答を位置づけるとともに、周辺のセルの荷

重をその配置した回答データの値に近づけるように変化させる。次に他の学習者一人の回答を選び、同様に各セルの荷重と比較し、もっとも一致するセルを選び、そこに回答を位置付ける。そして、その周辺のセルの荷重をその回答データに近づけるように変化させる。これを繰り返すたびに、荷重を変化させる周辺のセルを近くのものだけに狭めていく。以上のことを繰り返すことにより、同じような回答を行っている学習者の回答が、近くに配置されるようになる。

以上のように回答を配置し、その回答の学習者の氏名、回答、配置したセルの番号などをデータとしてファイルに収め、自己組織化マップを表示し、回答を参照できるようにしている。

## IV 開発したシステムの検証

### 1. シミュレーションの結果

自己組織化マップによる回答の位置づけの妥当性について、検証を行った。検証のための記述課題は、次の通りである。

「ホウ酸をとけるだけとかした水溶液をビーカーに入れて、理科室にだれもさわらないようにして置いておきました。3日後、水溶液を観察すると、とけて見えなくなっていたホウ酸がビーカーの底にでていました。そのわけを考えて書きましょう。」

公立A小学校第6学年の児童35人に、質問紙を用いて回答を求めた。web アプリケーションにその回答を入力して、自己組織化マップを作成した。その結果が図6である。

図6のマップの氏名については、仮名に書き変えている。また、セルをクリックして表示される回答について、比較のために複数の回答を貼り付けている。まず、マップの右上の二つの回答例を見ると、「とけていなくてしずんだ」といった同じような内容になっている。次に、右下の二つの回答例を見ると、「とけたホウ酸が底に集まった」といった同じような内容になっている。これらの回答と離れた左上の回答は、「温度が下がりとけるりょうがへった」といった異



以上のことから、回答の表現が類似したものがより近くに集まっていることがわかり、自己組織化マップの妥当性を認めることができる。

web 上において、実際に本システムの動作確認を行った。対象は、金沢大学・学校教育学類の理科を専攻している学生 14 人である。課題は、次の手順で実験を行い、提示した。

- ・2.5V(0.3A)の豆電球を手回し発電機で点灯させ、点灯させないときより手ごたえがあることを体験する。
  - ・二つの乾電池を並列につなぎ約3Vにして、2.5Vの豆電球を点灯させ、明るさを確認する。
  - ・同じ乾電池を用いて、6.3V(0.15A)の豆電球を点灯させ、2.5Vの豆電球より暗いことを確認する。
  - ・6.3Vの豆電球を手回し発電機を用いて点灯させた場合、手ごたえは先ほどより軽いのか、重いのか、同じかを理由とともに回答する。
- 実際の手応えは、2.5Vの豆電球のほうが重い。

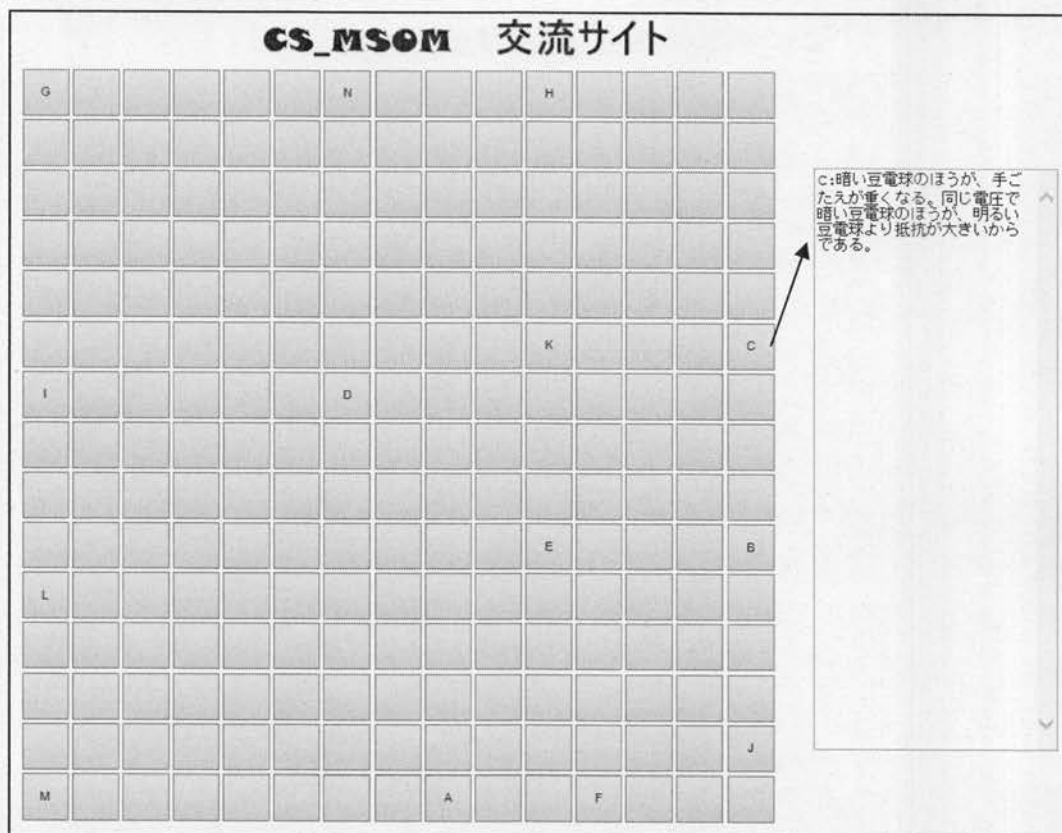


図7 学生の回答の自己組織化マップ

学生は、各自のパソコンと無線LANを用いて、web サイトにアクセスし、回答を行った。web へのアクセス、課題への回答、自己組織化マップの作成、自己組織化マップの表示と回答の参照について、教師用と学習者用のアプリケーションは、ともに問題なく動作した。

作成された自己組織化マップは、図7である。学生の氏名はA～Nの記号に置き換えている。学生の記述内容について、内容から直接カテゴリー分類したのが表1である。

図7と表1を比較して、次のことが指摘できる。表1のカテゴリー1は、学生「K,B,C,E,G」であり、抵抗の観点から説明している。図7において学生「G」以外は、近くに配置されている。表1のカテゴリー2についても「A」についてはやや離れているが「I,L」の学生については近くに位置している。表1のカテゴリー3につ

いても、明るい豆電球に着目した「F」の学生以外で、暗い豆電球に着目した「D,N,H」の学生は、近くに位置している。その他、カテゴリー4の「J」の学生、とくに唯一正答のカテゴリー5の「M」の学生は、マップの隅に位置している。

本課題における学生の記述内容は、かなり類似性の高い内容であったが、内容的にカテゴリー分けした結果と、自己組織化マップの分布は、一致度が高いと考えられる。このことから、自己組織化マップの妥当性が認められる。

## V まとめおよび今後の課題

本研究においては、学習者の自由記述の内容を整理して提示し、学習者が交流できるシステムの開発を行うことを目的とした。学習者が自由記述した内容を、web を活用して自己組織化

マップに整理して提示するシステムの開発を行った。その結果、web へのアクセス、回答の送信、自己組織化マップの作成と表示、回答の参照について、システムは問題なく動作した。また、自己組織化マップは、記述内容が類似しているほど近くに位置しており、妥当性が認められた。

以上の結果から、学習者は本システムの自己組織化マップを用いて、自分の表現と類似した回答を参照して、考えを確認したり、より適切な表現を見出したりできると考えられる。また、自分から遠くに位置した考えを参照することに

より、幅広い考えを得ることができると考えられる。

教師においては、一人一人の学習者の考えを確認できるとともに、自己組織化マップにおいて離れた位置の学習者を指名して発表させることにより、クラス全体において、いろいろな考えを発表させることができると考えられる。

今後の課題として、自己組織化マップ作成にあたっては、2分ほどの時間を要する。そのため、授業においてこの時間をどのような学習に充てるか、あるいはマップ作成を速くするなど、検討する必要がある。

表1 学生の回答内容

カテゴリー	学生	回 答
<1>暗い豆電球の抵抗が大きいために、電流や力が必要	K	暗い豆電球のほうが明るい豆電球より重い。暗い豆電球のほうが抵抗が大きいと考えられるため。
	B	暗い豆電球のほうが手ごたえが重い。理由は、暗い豆電球のほうが抵抗が大きく、抵抗が大きいほうが、明かりをつけるためにより多くの電流が必要だから。
	C	暗い豆電球のほうが、手ごたえが重くなる。同じ電圧で暗い豆電球のほうが、明るい豆電球より抵抗が大きいためである。
	E	暗い豆電球のほうが手ごたえがあると思います。豆電球が暗いのは抵抗が大きく電流が流れにくいからだと思うので、電流を流すのにより大きな力がいると考えられるからです。
	G	暗い豆電球の方が、手回し発電機は重くなる。なぜなら同じ電圧の電池をつないで暗くなったということは抵抗が大きいといえるために発電機を回す力もより必要であると考えられるため。
<2>暗い豆電球のほうがエネルギーが必要	A	暗い豆電球の方が手ごたえが重い。なぜならば、暗い→電流が流れにくいので、発電にエネルギーが必要だから。
	L	暗い豆電球の方が手ごたえが重いと思う。暗い豆電球の方が光らせる為に必要とするエネルギーが大きいと思うから。
	I	導線がつながると電気のながれが発生するから、電気が流れる方は回すエネルギーと発電するエネルギーが必要になる。導線がつながっていないと回すエネルギーだけが必要になる。
<3>暗い豆電球のほうが力が必要	D	暗い豆電球の方が手ごたえが重い。電池につないで暗かったということはそれだけ明るい豆電球よりも明かりをとするのに必要な電力が大きいため、より大きな電力を得るにはより回す力が必要になるから。
	N	暗い豆電球の方が手ごたえが重いと思う。同じ電圧をかけた時に暗い豆電球の方が暗いということはより大きな電力が必要だから、手回しモーターを使ったときにより大きな力がある。
	H	暗い豆電球の方が手ごたえがある。同じ電池を使ってこっちのほうが暗かったの、明るい豆電球と同じくらい明るく光らせるためにはより大きな力が必要だと考えるから。
明るい方に着目して力に言及	F	明るい豆電球の方が軽いと思います。暗い豆電球のほうが豆電球を光らせるのに大きな力が必要だと思ったからです。
<4>暗い豆電球のほうが発電が必要	J	暗い豆電球の方が手ごたえが重いと思う。明るい豆電球と同じだけ光らせようと思ったらもっと発電しなくてはいけないと思うから。
<5>明るい豆電球が電力や力が必要	M	明るい豆電球の方が重い。明るい電球の方が消費電力が大きいため、多く電流を流すためにより力を必要とするから。

## 引用・参考文献

- 1) 猿田祐嗣：「TIMSS 理科の論述形式問題に対する解答に見る日本の児童・生徒の特徴(12)：正答率や無答率の分析による論述形式問題への取り組みの推移」，日本科学教育学会年会論文集 33，437-438，2009
- 2) 文部科学省：「中学校学習指導要領解説理科編」，大日本図書，4-6，2008
- 3) 猿田祐嗣：「『思考』と『表現』の一体化を目指した理科授業について」，理科の教育，722，17-20，2012.9
- 4) 三田幸司・山崎敬人：「小集団での話し合い活動における協同的な学びの要因に関する研究：小学校第6学年『電流のはたらき』の単元を事例として」，理科教育学研究，50，2，69-80，2009
- 5) 中井弘子他：「中学校理科授業における学習者の相互作用による自己評価に関する事例的研究」，理科教育学研究，51，1，93-102，2010
- 6) 松浦拓也・柳江麻美：「協同的な学習におけるメタ認知に関する事例的研究：中学校理科における話し合い場面を中心にして」，理科教育学研究，50，2，107-119，2009
- 7) 山野井一夫・余田義彦：「学校教育用グループウェア『スタディノート』の管理支援ツール開発(1)」，日本科学教育学会第24回年会論文集，287-288，2000
- 8) 余田義彦・山野井一夫：「学校教育用グループウェア『スタディノート』を用いたデジタルポートフォリオ評価」，日本科学教育学会第24回年会論文集，289-290，2000
- 9) 余田義彦・山野井一夫：「はじめてのデジタルポートフォリオ」，日本科学教育学会第28回年会論文集 28，639-640，2004
- 10) 松原道男：「自己組織化マップによる子どもの科学的表現能力の評価法の開発」，科学研究費補助金・基盤研究(C)研究成果報告書，2013
- 11) T.Kohonen：「自己組織化マップ」，シュプリンガー・フェアラーク東京，102-171，1996